

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-279877

(43)Date of publication of application : 26.10.1993

(51)Int.Cl.

G23F 4/00
H01L 21/302

(21)Application number : 04-080061

(71)Applicant : NISSIN ELECTRIC CO LTD
NISSHIN HIGHTECH KK

(22)Date of filing : 01.04.1992

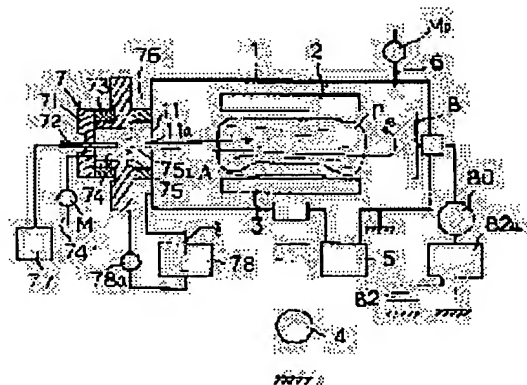
(72)Inventor : MATSUDA KOJI
AOKI MASAHIKO

(54) ETCHING DEVICE BY PLASMA

(57)Abstract:

PURPOSE: To suppress the deposition of gaseous molecules on the surface subjected to etching and to increase anisotropic etching by providing the electron emitting part in a chamber with a reflector and regulating the electron current value flown therethrough to the minimum.

CONSTITUTION: Electrons (e) emitted from an electron emitting hole 75a of the electron emitting part 7 provided in an etching chamber 1 are reflected on an electron reflector 8 set in the chamber 1 to increase their running distance in the chamber. Therefore, the probability of their collision with the molecules of a gas introduced from a gas introducing part 6 for etching increases. Thus, etching capable of sufficiently generating ions even at a gaseous density lower than that in the case where outer electrons are not introduced, i.e., in an environment of a higher vacuum is smoothly executed. Furthermore, at the time of regulating the electron current density flown between the electron emitting part 7 and reflector 8 to the minimum, the diffusion of the electron beams from the electron emitting part 7 is suppressed, and good anisotropic etching can be executed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-279877

(43) 公開日 平成5年(1993)10月26日

(51) Int.Cl.⁵

C 2 3 F 4/00

H 0 1 L 21/302

識別記号

D 8414-4K

B 8518-4M

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6(全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平4-80061

(22) 出願日 平成4年(1992)4月1日

(71) 出願人 000003942

日新電機株式会社

京都府京都市右京区梅津高畝町47番地

(71) 出願人 391010161

日新ハイテック株式会社

京都府京都市南区久世殿城町575番地

(72) 発明者 松田 耕自

京都市右京区梅津高畝町47番地 日新電機株式会社内

(72) 発明者 青木 正彦

京都市南区久世殿城町575番地 日新ハイテック株式会社内

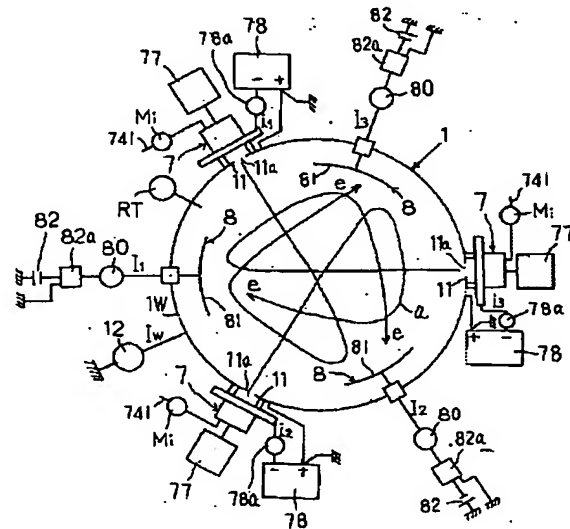
(74) 代理人 弁理士 谷川 昌夫

(54) 【発明の名称】 プラズマによるエッチング装置

(57) 【要約】

【目的】 高真空下での円滑なエッチングを可能にして、被エッチング物表面へのガス分子の堆積を抑制でき、異方性エッチングを高めることができるプラズマによるエッチング装置を提供する。

【構成】 エッチング用ガスに高周波電圧を印加して該ガスをプラズマ化し、該プラズマの下で被エッチング物をエッチングするエッチングチャンバ1に、チャンバ1内へ電子を入射できるように複数個の電子放出部7を付設するとともにチャンバ1内の各電子放出部に対向する位置に、入射されてくる電子を反射する反射電極8を設け、各反射電極8には電子反射用電圧を印加する反射電源82を接続できるようにし、さらに各反射電極8に流れる電子電流値を検出する検出器80、チャンバ1壁に流れる電子電流値を検出する検出器12及び該各検出器にて検出される電流値を読み込み、各反射電極8に流れる電子電流値を等しく最小にし、さらにチャンバ1壁に流れる電子電流値を最小にするように各反射電源82の電圧を調整するコントローラ10を設けたプラズマによるエッチング装置。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 エッチング用ガスに高周波電圧を印加して該ガスをプラズマ化し、該プラズマの下で被エッチング物をエッチングするエッチングチャンバに、該チャンバ内へ電子を注入できるように複数の電子放出部を付設するとともに該チャンバ内の各電子放出部に対向する位置に、入射されてくる電子を反射する反射電極を設け、該各反射電極には電子反射用電圧を印加する反射電源を接続できるようにし、さらに前記各反射電極に流れる電子電流値を検出する手段、前記エッチングチャンバ壁に流れる電子電流値を検出する手段及び前記各検出手段にて検出される電流値を読み込み、前記各反射電極に流れる電子電流値を等しく最小にし、さらに前記エッチングチャンバ壁に流れる電子電流値を最小にするように前記各反射電源電圧を調整する電圧調整手段を設けたことを特徴とするプラズマによるエッチング装置。

【請求項2】 請求項1記載のプラズマによるエッチング装置において、前記各電子放出部からの電子電流値と該電子放出部に対向する反射電極を接地状態としたときに該反射電極に流れる電子電流値との差を最小にするように前記各電子放出部における電源出力を調整する手段を備えたプラズマによるエッチング装置。

【請求項3】 前記電子放出部が3個以上の奇数個備わっており、これらが等中心角度間隔で前記チャンバに付設されている請求項1又は2記載のプラズマによるエッチング装置。

【請求項4】 前記各電子放出部が前記チャンバ内エッチング用ガスの該電子放出部内への流入を防止できるコンダクタンスを有する小径電子通路で該チャンバに接続されている請求項1、2又は3記載のプラズマによるエッチング装置。

【請求項5】 前記各電子放出部がマイクロ波プラズマを生成して電子を引き出すものである請求項1から4のいずれかに記載のプラズマによるエッチング装置。

【請求項6】 前記チャンバを接地電位とし、前記各電子放出部の電位を前記チャンバ内プラズマ電位に対し負とする請求項1から5のいずれかに記載のプラズマによるエッチング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はプラズマによるエッチング装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 プラズマによるエッチング装置は、図5に示すように、通常、エッチングチャンバ91内に配置した平行平板電極92、93の一方にRF電源(13、56MHz)94にて高周波電圧を印加し、それによって該電極間にガス導入部96から導入したエッチング用ガスをプラズマ化し、該プラズマPの自己バイアスに相当するエネルギーをもってイオンを被エッチング物95に

2

衝突させ、該被エッチング物表面をエッチングする。この場合、エッチング用中性ガスの電離効率は通常 10^{-4} 程度である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 このように従来装置では中性ガスの電離効率が 10^{-4} 程度であるため、エッチング速度を高めるにはガスの供給量を増加させなければならなかった。しかし、ガス供給量を増加させることは、異方性エッチングを高めるために高真空の環境のもとでエッチングを行おうとする最近の傾向に反するものである。

【0004】 さらに、ガス供給量を増加させると、ガス分子が被エッチング物に堆積するという現象が生じるという問題もある。ここで、先ず、ガス分子の被エッチング物への堆積という問題を取り上げてみる。圧力P、温度Tの条件での被エッチング物への流入ガス分子数 F_0 は以下のように定義される。

$$【0005】 F_0 = n \cdot c / 4$$

c : 平均分子速度

$$c = (8kT/\pi m)^{1/2}$$

(但し、kはステファン-ボルツマン定数)

n : ガス密度

$$n = 9.6 \times 10^{18} \times P / T \quad (P: \text{torr}, T: ^\circ \text{K})$$

例えばアルゴン分子において圧力100mmtorrで温度300°Kの場合、被エッチング物への流入分子数は次の通りである。

$$【0006】 F_0 = 3 \times 10^{19} n / \text{cm}^2 \text{ sec}$$

一方、通常プラズマ密度は $10^{19} n / \text{cm}^3$ とみなされている。100mmtorrでのガス分子密度は $3 \times 10^{18} n / \text{cm}^3$ であるから、電離効率は約 10^{-4} と考えられる。従って、被エッチング物へのイオンの流入量 F_i は以下ようになる。

$$【0007】 F_i = n_i \cdot v / 4$$

n_i : イオン密度

v : バイアス電圧によりイオンが被エッチング物に到達する速度例えば500Vのバイアス電圧によりイオンが被エッチング物に到達すると仮定すると、

$$F_i = 1 \times 10^{18} n / \text{cm}^2 \text{ sec} \text{ となる。}$$

【0008】 つまりガス分子の堆積に対して2桁から3桁低いイオン流によりエッチングが行われていることになる。このためエッチングガス供給量を少なくする高真空下でのエッチングが必要とされるのである。次に、イオンの方向性を揃える上で真空度がどのように寄与するかを述べる。今、平行な分子流が距離Xだけ走行中に残留ガス分子と衝突せずに方向を代えない確率は次のように定義できる。

$$【0009】 P(X) = \exp(-X/\lambda)$$

λ : 平均自由行程

分子直径を3.7Å、温度を20℃とすると、

3

 $\lambda = 0.005/P \text{ (cm)}$

今、プラズマから被エッチング物までのシース距離を1 cm程度と仮定すると、圧力に対する分子の方向性を変えない確率の変化は以下ようになる。

【0010】

圧力 (mm torr)	確率
100	0
10	0.14
1	0.72
0.1	0.98

このことから真空度を良くすればするほどプラズマから引き出されるイオンは方向を変えずに被エッチング物に入射することになる。

【0011】通常10~100 mm torrの範囲でエッチングが行われているが、ほとんどのイオンがガス分子と衝突して被エッチング物に入射していることになる。このため、エッチングの異方性が悪くなるのである。そこで本発明は、高真空下での円滑なエッチングを可能にして、被エッチング物表面へのガス分子の堆積を抑制でき、異方性エッチングを高めることができるプラズマによるエッチング装置を提供することを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者は前記課題を解決すべく研究を重ね、エッチング用ガスの電離は、高真空下では高周波放電によるだけでは不十分であるが、外部から電離のための電子を供給し、エッチングチャンバ内には電子の反射電極を設け、供給される電子をこれで反射することで該電子の走行距離を長くすれば、電離効率を高めることができ、これによってガス密度が低い状態、つまり真空度が高い状態でもエッチングに必要なプラズマ密度を得ることが可能であることを見出した。

【0013】また、プラズマ密度をプラズマ領域各部で均一に高めるためには、プラズマ領域中に電子が均一に分布する状態でなければならないが、これには、複数の電子放出部をエッチングチャンバに付設し、各電子放出部に対向する反射電極に流れる電子電流値を等しく、できるだけ小さくするとともに、チャンバ壁に流れる電子電流値をできるだけ小さくするように、反射電極に印加する電子反射用電圧を制御すればよいことを見出した。

【0014】本発明は以上の知見に基づき、エッチング用ガスに高周波電圧を印加して該ガスをプラズマ化し、該プラズマの下で被エッチング物をエッチングするエッチングチャンバに、該チャンバ内へ電子を入射できるように複数の電子放出部を付設するとともに該チャンバ内の各電子放出部に対向する位置に、入射されてくる電子を反射する反射電極を設け、該各反射電極には電子反射用電圧を印加する反射電源を接続できるようにし、さらに前記各反射電極に流れる電子電流値を検出する手

4

段、前記エッチングチャンバ壁に流れる電子電流値を検出する手段及び前記各検出手段にて検出される電流値を読み込み、前記各反射電極に流れる電子電流値を等しく最小にし（等しくできるだけ小さくし）、さらに前記エッチングチャンバ壁に流れる電子電流値を最小に（できるだけ小さく）するように前記各反射電源による印加電圧を調整する電圧調整手段を設けたことを特徴とするプラズマによるエッチング装置を提供するものである。

【0015】かかるプラズマによるエッチング装置には、前記各電子放出部からの電子電流値と該電子放出部に対向する反射電極を接地状態としたときに該反射電極に流れる電子電流値との差を最小にするように前記各電子放出部における電源出力を調整する手段を備えてもよい。何故なら、反射電極を接地状態としたときに反射電極に流れる電子電流値が電子放出部からの電子電流値に比べて非常に小さい場合、電子ビームの発散が大きくて電子がエッチングチャンバ壁に衝突していることを示しており、このような状況では電子ビームが反射電極のポテンシャルにより反射されない可能性が高くなるので、これを避けるために電子ビームの発散を抑制することが望ましいからである。

【0016】前記電子放出部の数としては、エッチングチャンバ内のプラズマ領域における電子の走行距離を長く、分布を均一化して、プラズマ密度の位置的な均一性を向上させる上で、例えば3個以上の奇数個が考えられ、さらに、これらを等中心角度間隔で前記チャンバに付設することが考えられる。前記チャンバ内エッチング用ガスが反応性ガスの如きで前記電子放出部内へ入れたくないような場合、該電子放出部を、エッチング用ガスの該電子放出部内への流入を防止できるコンダクタンスを有する小径電子通路で該チャンバに接続することが考えられる。

【0017】前記電子放出部には種々のタイプのものを採用できるが、例えば、マイクロ波プラズマを生成して電子を引き出すものを挙げることができる。前記チャンバは一般に接地電位とすることが望ましく、この場合には、前記電子放出部の電位を前記チャンバ内プラズマの電位に対し負とする。ここで、簡単な考察を行って外部電子による電離効率の向上を評価する。

1. プラズマ密度は次のように定義できる。

【0018】

$$n_i = \tau_i \cdot n_0 \cdot \sigma(E_e) \cdot v_e \cdot n_e$$

n_0 : ガス密度

n_e : 電子密度

v_e : 電子速度

τ_i : イオン閉じ込め時間

$$\tau_i = 2.63 \cdot (T_i / T_e)^{1/2} \cdot V / S \cdot v_i$$

但し、 T_i はイオン温度、 T_e は電子温度、 v_i はイオン平均速度である。

【0019】今、半径B、長さLのプラズマ生成室の場

5

合 V/S は次のようになる。

$$V/S = 0.5 \cdot B (B/L + 1)$$

$\sigma(Ee)$: 電子エネルギー E における電離断面積
一般的に100 eVのエネルギーのとき最大値をとり、その値はおおよそ以下の通りである。

$$[0020] \sigma(Ee) = 3 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$$

2. 電子密度 n_e と電子速度 v_e の積は電子の放電電流値から推測できる。今、1Aの電子電流が得られるとする。このとき、電子電流密度は次のように定義できる。

$$J_e = e \cdot v_e \cdot n_e / 4 \quad (e: \text{電荷})$$

100Vの印加電圧で0.2cmのギャップを通して引き出される電子電流密度はラングミュアの式より次のように求められる。

$$[0021] J_e = 60 \text{ mA/cm}^2$$

ここで前記電子電流密度の関係式を変形すると、

$$v_e \cdot n_e = 4 \cdot J_e / e$$

従って、

$$v_e \cdot n_e = 1.5 \times 10^{18} \text{ 個/cm}^2 \text{ sec}$$

3. 次にイオン閉じ込め時間を評価する。

[0022] プラズマ生成室の半径を15cm、高さを5cmとする。また、500°Kのとき、イオンの平均速度は以下の値をもつ。

$$v_i = 5 \times 10^4 \text{ cm/sec}$$

従って、イオン閉じ込め時間は以下の値をもつ。但し、 $T_i = 1 \text{ eV}$ 、 $T_e = 10 \text{ eV}$ と仮定した。

$$[0023] \tau_i = 5 \times 10^{-4} \text{ sec}$$

4. 最終的にイオン密度は以下の通りとなり、電離効率を求めることができる。

$$n_i : 0.23 \cdot n_e$$

つまり、電離効率は20%を超えることになる。

5. このことは、同じイオン密度を得るために低いガス密度で済むことを教えている。

[0024] 従来方式では、電離効率は 10^{-4} の程度であったため、

$n_i = 10^{-4} \cdot n_e$ となり、 10^{10} n/cm^2 のプラズマ密度を得るために 10^{15} n/cm^3 のガス密度が必要であった。これは30mm torrに相当する。一方、本発明によると、

$n_i = 10^{-1} \cdot n_e$ としても、同じプラズマ密度を得るために、 10^{11} n/cm^3 のガス密度でよいことになる。これは0.003mm torrに相当する。

[0025] このことから本発明装置によると、高い電離効率のために高真空下でエッチングが可能となることが分かる。

6. さらに、ガス分子の被エッチング物への堆積を評価する。30mm torrのときの被エッチング物への流入分子数 F_0 は以下の値をもつ。

$$[0026] F_0 = 9 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$$

一方、0.003mm torrにおける流入分子数 F_1 は4桁低下して次の値をもつ。

6

$$F_1 = 9 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$$

ここで先に計算したように、500Vのバイアス電圧でイオンが被エッチング物に到達すると仮定すると、被エッチング物へのイオン流入量 F_i は、

$F_i = 1 \times 10^{15} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}$ であるから、両者を比較すると、1桁ほど F_i が多くなっている。従来の装置では、イオン流入数 F_i と分子流入数 F_0 の比は、

$\gamma = F_i / F_0 = 3 \times 10^{-3}$ となるのに対し、本発明の装置では、

10 $\gamma = 10$ となる。

[0027] このことは、不必要なガスの堆積に比べてエッチングのためのイオン流入が支配的であることを示している。従って、プラズマシースから引き出される方向の揃ったイオンによって主にエッチングされるため、異方性の良いエッチングが可能となる。次に、反射電極へ印加する電圧の調整よりプラズマ領域中の電子分布を均一にする点につき、さらに説明する。

[0028] 最初、反射電極に電圧をかけない状態でこれに対向する電子放出部から電子を引き出すと、対向する反射電極に電流が流れる。この電流値によって電子電流の値を知ることができる。該反射電極の電圧を除々に負の方向に下げていくと電子は反射されて電流値が減少していく。該反射電極電圧の絶対値が電子放出部の電子引出し電圧の絶対値より下がると電子は完全に反射されて電流値は零になる。当然、他の反射電極に電子が衝突することになり、これら電極の電流値が増加してくる。そこで全ての電極に流れる電流値が等しく最小になるように（零が望ましい）反射電極の電圧値を調整するのである。また、反射電極の間を抜けて電子がチャンバの壁に達することも考えられる。そこでチャンバに流れる電流値も最小になるように反射電極の電圧値を調整するのである。以上により、チャンバ内プラズマ領域での電子の分布の均一化、従ってプラズマ密度の位置的な均一性を向上させ得る。

[0029] これら電圧調整はマニュアルでも不可能ではないが、パラメータが多くなると操作が煩雑になるので、前述のように電圧調整手段を設けることが望ましい。

[0030]

【作用】本発明エッチング装置によると、エッチングチャンバにおける被エッチング物のプラズマによるエッチングにおいて、エッチングチャンバに付設した電子放出部から電子が引き出され、該チャンバ内に入射される。この電子はチャンバ内に設置した電子反射電極により反射され、チャンバ内での走行距離を増す。そのためエッチング用ガス分子と衝突する確率が増加し、該ガスの電離効率がそれだけ高くなる。従って、外部電子を導入しない場合よりも低いガス密度、つまり、より高真空の環境下でエッチングに寄与するイオンが十分生成される。

50 [0031] また、各反射電極に流れる電子電流値及び

7

エッチングチャンバ壁に流れる電子電流値が電流検出手段にて検出され、その検出値が電圧調整手段に読み込まれる。電圧調整手段はその読み込み値に基づき、各反射電極における電流値を等しく、且つ、最小とするように、さらに、チャンバ壁における電流値を最小とするように、各反射電極に接続された反射電源電圧を調整する。これによりチャンバ内プラズマ領域中の電子の分布、運動が均一化され、プラズマ領域各部におけるプラズマ密度が均一化される。

【0032】以上によって、被エッチング物は、円滑に異方性良くエッチングされる。かかるプラズマによるエッチング装置に、前記各電子放出部からの電子電流値と該電子放出部に対向する反射電極を接地状態としたときに該反射電極に流れる電子電流値との差を最小にするように前記各電子放出部における電源出力を調整する手段を備えるときは、この手段による電子放出部電源出力の調整により、電子放出部からの電子ビームの発散が抑制され、反射電極による入射電子の反射が一層確実となる。

【0033】各電子放出部を、エッチング用ガスの該電子放出部内への流入を防止できるコンダクタンスを有する小径電子通路で該チャンバに接続するときは、前記チャンバ内エッチング用ガスは電子放出部内へ侵入しない。

【0034】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。図1は一実施例であるプラズマによるエッチング装置の断面図であり、より詳しくは、その円筒形エッチングチャンバ1の円筒中心線と平行な面で切断した縦断面図であり、図2は該円筒中心線に垂直な面で切断した横断面図である。

【0035】この装置は円筒形のエッチングチャンバ1を備えており、該チャンバ1内には平行平板電極2、3が上下に配置してある。上側の電極2は接地電極であり、チャンバ1を介して接地してある。下側の電極3は、被エッチング物である基板Aの支持ホルダを兼ねる高周波電極であり、これには高周波電源(RF電源13.56Hz)4を接続してある。

【0036】また、チャンバ1には、その中を真空引きするための排気装置5が接続してあるとともに、エッチング用ガスの導入部6及びチャンバ1内圧力を検出する圧力検出器PT、さらにチャンバ壁に流れる電子電流I_eを検出する検出器12を接続してある。この導入部6にはガス流量制御部M₀を接続してある。さらに、チャンバ1の周側壁1Wの外面に120度間隔で三つの電子放出部7を固定してある。

【0037】各電子放出部7は同一構成のものであり、*

$$Q = C \cdot (P_1 - P_2) = P_2 \cdot S \quad (Q: \text{流量})$$

今、各パラメータを以下のように与えるとする。

$$P_1 = 10^{-3} \text{ torr}$$

8

*本例では電子サイクロトロン共鳴(ECR)を利用してマイクロ波プラズマを生成できるタイプのもので、絶縁部材76を介してチャンバ周側壁1W外面、より詳しくは、周側壁本体に絶縁状態で連設した電極部材11の外面に取り付けてある。さらに説明すると、強磁性体部材71に通されたアンテナ72を永久磁石73で囲んでプラズマ生成室74を形成し、該プラズマ生成室74の前開口部に電子放出孔75aを有する部材75を設けてある。電子放出孔75aはチャンバ周側壁の電極部材11の電子入射孔(電子引出し孔)11aに臨んでいる。

【0038】アンテナ72は耐腐食性良好なステンレススチールから形成してあり、これにはマイクロ波電源(2.54GHz)77が接続してある。電子放出部7には電子引出し電源78のマイナス側が接続され、該電源のプラス側はチャンバ1の電極部材11に接続されている。かくして、電子入射孔(電子引出し孔)11aに正の電圧を印加できる。各電源78と電子放出部7との間には、該電子放出部から放出される電子電流値I_e(I₁、I₂又はI₃)を検出する検出器78aを接続してある。

【0039】電離断面積が最も高いのは電子エネルギーが100eV程度であることより0.2cm程度のギャップ(部材75と11のギャップ。ほぼ部材76の厚さ)から電子を引き出すようにしてある。また、プラズマ生成室74にはプラズマ源となるガスの導入部741が設けてあり、これにはガス流量制御部M₁を接続してある。本例では、ここから導入されるガスはチャンバ1内へ導入されるエッチング用ガスとは別のガス、例えばアルゴンガスである。

【0040】チャンバ1内のエッチング用ガスは部材75の電子放出孔75aから電子入射孔11aに到る部分のコンダクタンスのために電子放出部7へ侵入しない。ここで、電子放出部7へ導入される別のガス(例えばアルゴンガス)のエッチングへの影響についてみる。例えば前記孔75a、11aが共に直径0.4cm孔とし、2枚の電極75、11により電子が引き出されとした場合、差動排気がどの程度効果的かを示すと、まず、1枚のオリフィスコンダクタンスは次の値をもつ。

$$【0041】C_{0n} = 1.3 \text{ リットル/秒}$$

このオリフィスは直列につながっている(長さ0.2cm)ため全コンダクタンスは次のとおりである。

$$C = 0.65 \text{ リットル/秒}$$

電子放出部7内のプラズマが圧力P₁で生成されるとし、チャンバ1の真空度をP₂、排気能力をSとすると次のような関係式が成り立つ。

【0042】

$$S = 100 \text{ リットル/秒}$$

50 すると、P₂は以下の値をもつ。

【0043】 $P_1 = 7 \times 10^{-6} \text{ torr}$

この真空度はチャンバ1内のエッチング用ガスによる真空度と比較すると十分に低いため、エッチングに影響はないとみなされる。チャンバ1内には、さらに、電極2、3より外周側に、且つ、各電子放出部7に対向させて、120度間隔で合計三つの電子反射電極8を配置してある。各電極8はチャンバ1の円筒中心線を中心とする円周上に配置され、チャンバ周側壁内面と略平行な凹反射面81を有している。反射電極8の大きさは、電子が確実にチャンバ1内へ入射される程度に制限されている。各電極8は、チャンバ1内へ入射される電子の持つエネルギーより高ポテンシャル（負の電圧）を印加できる電圧調整可能な反射電源82に接続できるようになっている。各電極8はまた、接地することも可能とされている。この切り換えは切換え装置82aで行われる。さらに、各電極8にはこれに流れる電子電流値 I_1 （ I_1 、 I_2 又は I_3 ）を検出する検出器80を接続してある。

【0044】以上説明した装置は図3の制御ブロック回路に示すコントローラ10により全体動作が制御される。コントローラ10は、マイクロコンピュータを主体とするもので、外部からの情報の入力、外部への指示出力を図示しないインターフェイス回路を介して行うよう構成されている。

【0045】圧力検出器PTで検出されるチャンバ1内圧力、電流値検出器12で検出されるチャンバ壁における電子電流値 I_v 、各電流値検出器78aで検出される各電子放出部7からの電子電流値 i_1 （ i_1 、 i_2 又は i_3 ）、各電流値検出器80で検出される各電子反射電極8における電子電流値 I_1 （ I_1 、 I_2 又は I_3 ）はいずれもコントローラ10に入力されるようになっている。

【0046】また、高周波電源4のオン・オフ制御、排気装置5のオン・オフ制御、チャンバ1へエッチング用ガスを導入する流量制御部M₁の流量制御、各電子放出部7におけるマイクロ波電源77の出力制御、各電子放出部7における電子引出し電源78の電圧設定、各電子放出部7におけるガス流量制御部M₁の流量設定、各反射電極8を反射電源82に接続するか、接地するか切換え装置82aの制御、各反射電源82の電圧制御はいずれもコントローラ10からの指示に基づいて行われるようになっている。

【0047】以上説明したエッチング装置によると、例えば被エッチング物として、表面に適当なマスク材でエッチングパターンを描かれ、塩素ガス或いはフッ素ガスの如き反応性ガスのプラズマによりエッチングされる基板Aが準備される。当初、チャンバ1内が排気装置5にて所定真空度まで真空引きされ、次いで、ガス導入部6における流量制御部M₁の流量制御のもとに図示しないガス源からチャンバ1内にエッチング用の反応性ガスが導入され、チャンバ1内が所定エッチング真空度とされ

る。

【0048】一方、各電子放出部7のプラズマ生成室74にも、ガス導入部741における流量制御部M₁により所定量で例えばアルゴンガスが導入される。この状態では各反射電極8は接地されている。次いで、各電子放出部7においてマイクロ波電源77にてアンテナ72にマイクロ波を供給するとともに、電子引出し電源78の電圧を所定のものに設定して、これにより電子引出し孔11aに正電圧を印加する。すると、アンテナ72からのマイクロ波放電により電子放出部7内にプラズマが生成され、このプラズマからチャンバ1内の対向反射電極8へ向けて電子が入射される。ここで、各電流値検出器80にて各反射電極8に流れる電子電流値 I_1 （ I_1 、 I_2 又は I_3 ）が検出されるとともに各電流値検出器78aにて各電子放出部7から放出される電子電流値 i_1 （ i_1 、 i_2 又は i_3 ）が検出される。

【0049】この電流値 I_1 と i_1 との差 $\varepsilon = i_1 - I_1$ がコントローラ10内で求められ、これが所定の最小値か否かが判断される。所定の最小値でないものがあると、コントローラ10の指示のもとに、該最小値でない状態に関係しているマイクロ波電源77の出力が調整され、該最小値に向け調整される。次に、各反射電極8を対応する反射電源82に接続し、各電源82電圧を、コントローラ10の指示のもとに、各電極8を流れる電子電流値 I_1 （ I_1 、 I_2 、 I_3 ）が等しく、できるだけ小さく（零が望ましい。）なるように調整し、次いで、チャンバ壁を流れる電子電流値 I_v ができるだけ小さくなるように調整する。

【0050】これによってチャンバ1内のプラズマ領域における電子の分布を均一化して、プラズマ密度の位置的な均一性を良くすることができる状態となる。かくしてエッチング準備が完了すると、図示しない基板搬送装置によりチャンバ1に接続された図示しない密閉された基板ロード・アンロード室から被エッチング基板Aを高周波電極3上に設置し、高周波電源4をオンしてエッチング用ガスをプラズマ化し、該プラズマの下でエッチングを開始する。

【0051】このエッチング中、チャンバ1内へは各電子放出部7から電子eを入射する。このように入射された電子eはチャンバ1内を走行するが、対向する位置に配置された反射電極8に反射用電源82から負の電圧が印加されて該電極8が電子eの持つエネルギーより高いポテンシャルに設定されていることで、電子eはこの反射電極8に衝突して反射され、図2にラインaで示すようにチャンバ1内で反復運動を繰り返すようになる。

【0052】このようにチャンバ1内への外部からの電子供給により、チャンバ内プラズマ領域の電離効率を高めることができる。このため、プラズマ領域の中性ガス密度が低い場合でも、ガス密度が高い場合と同じイオ

ン密度が得られる。従って、外部からの電子供給が無い場合よりも高真空のもとでのエッチングが可能となり基板Aへのガス分子の堆積が減少し、イオンの方向性を揃えることができる。さらに、前述のように、プラズマ領域における電子の分布が均一化されていることで、プラズマ密度の位置的な均一性が良くなっている。これらのことにより、異方性の良いエッチングが可能となる。

【0053】次に、コントローラ10の動作をその概略を示す図4のフローチャートを参照して説明する。プログラムがスタートすると、ステップS1で排気装置5にてチャンバ1内を所定真空度まで真空引きする。次いで、

ステップS2でガス導入部6からチャンバ1へのエッチング用ガスの導入を開始するとともに各電子放出部7におけるガス導入部741からプラズマ生成室74へ例えばアルゴンガスの導入を開始する。

【0054】ステップS3においてガス導入部6における流量制御部M₀を調整するとともに各電子放出部7のガス導入部741における流量制御部M_iにてプラズマ生成室74へのガス流量を設定し流入させる。ステップS4で圧力検出器PTによりチャンバ1内真空度P_iを測定し、ステップS5で該チャンバ1内圧力が所定のエッチング真空度P_{set}に達したか否かを判断する。

「NO」とであると、ステップS3へ戻り、流量制御部M₀を調整しなおす。「YES」とであると、ステップS6で各電子放出部7におけるマイクロ波電源77をオンし、ステップS7で各電子放出部7の電子引出し電源78の電圧を所定のものに設定する。

【0055】次にステップS8で各電子放出部7に対向する反射電極8における電流I_iを測定し、ステップS9で各電子放出部7からの電子引出し電流I₀を測定する。ステップS10でそれらの差 $\epsilon = I_0 - I_i$ を求め、ステップS11で各差 ϵ が所定の最小値か否かを判断する。いずれかが「NO」のときは、ステップS12で、該最小値でない状態に関係しているマイクロ波電源出力を調整し、再びステップS8に戻る。全て「YES」のときは、ステップS13に進み、各反射電極8を反射電源82に接続してオンし、ステップS14で該電源電圧を電子反射方向に増加させる。ステップS15で各反射電極8における電流I_iを測定し、ステップS16でこれらが所定の最小値か否かを判断し、いずれかが「NO」のときはステップS14に戻って、該最小値でない状態に係る反射電源電圧を調整しなおす。

【0056】すべて「YES」のときは、ステップS17で各反射電極電流を相互に比較し、ステップS18でそれらが全て等しく零に近いかなかを判断する。「NO」のときは、ステップS19で各反射電源の電圧を調整しなおし、零に近づける。「YES」のときは、ステップS20でチャンバ壁における電流I₁を測定し、ステップS21でそれが略零か否かを判断し、「NO」のときは、ステップS22で各反射電源の電圧を調整しな

おし、零に近づける。「YES」のときは、ステップS23でエッチング準備完了とする。

【0057】次いでステップS24でチャンバ内高周波電極3上に基板Aを設置し、ステップS25で該基板をエッチングする。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、高真空下での円滑なエッチングを可能にして、被エッチング物表面へのガス分子の堆積を抑制でき、異方性エッチングを高めることができるプラズマによるエッチング装置を提供することができる。また、かかるエッチング装置に、該装置における各電子放出部からの電子電流値と該電子放出部に対向する反射電極を接地状態としたときに該反射電極に流れる電子電流値との差を最小にするように各電子放出部における電源出力を調整する手段を備えるときは、この手段による電子放出部電源出力の調整により、電子放出部からの電子ビームの発散が抑制され、反射電極による入射電子の反射が一層確実となり、それだけプラズマ密度が高くなって良好な異方性エッチングを行えるとともに、チャンバ壁等への不必要な電子衝突が防止され。

【0059】また、各電子放出部を、エッチング用ガスの該電子放出部内への流入を防止できるコンダクタンスを有する小径電子通路で該チャンバに接続するときは、それによって反応性ガスのような侵入させたくないエッチング用ガスの電子放出部内への侵入を防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の概略縦断面図である。

【図2】図1の実施例の概略横断面図である。

【図3】装置の動作制御を行う回路の概略ブロック図である。

【図4】図3に示すコントローラの動作の概略を示すフローチャートである。

【図5】従来例の断面図である。

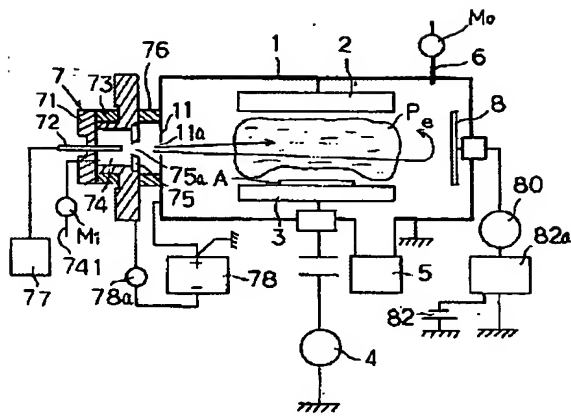
【符号の説明】

- 1 エッチングチャンバ
- 1W チャンバ1の周側壁
- 11 電極部材
- 11a 部材11の電子入射孔（電子引出し孔）
- 12 チャンバ壁における電子電流の検出器
- 2 接地電極
- 3 高周波電極
- 4 高周波電源
- 5 排気装置
- 6 エッチング用ガス導入部
- M₀ 流量制御部
- RT チャンバ1内圧力検出器
- P プラズマ
- 7 電子放出部
- 71 強磁性体部材

13

- 72 アンテナ
 73 永久磁石
 74 プラズマ生成室
 741 ガス導入部
 M_i 流量制御部
 75 電子放出部材
 75a 電子放出孔
 77 マイクロ波電源
 78 電子引出し電源

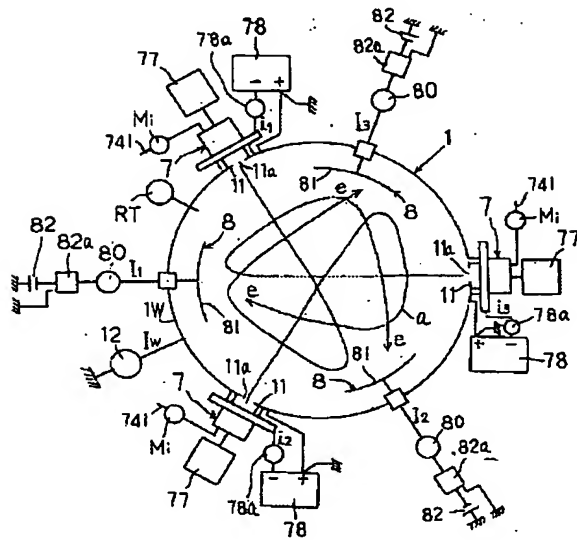
【図1】



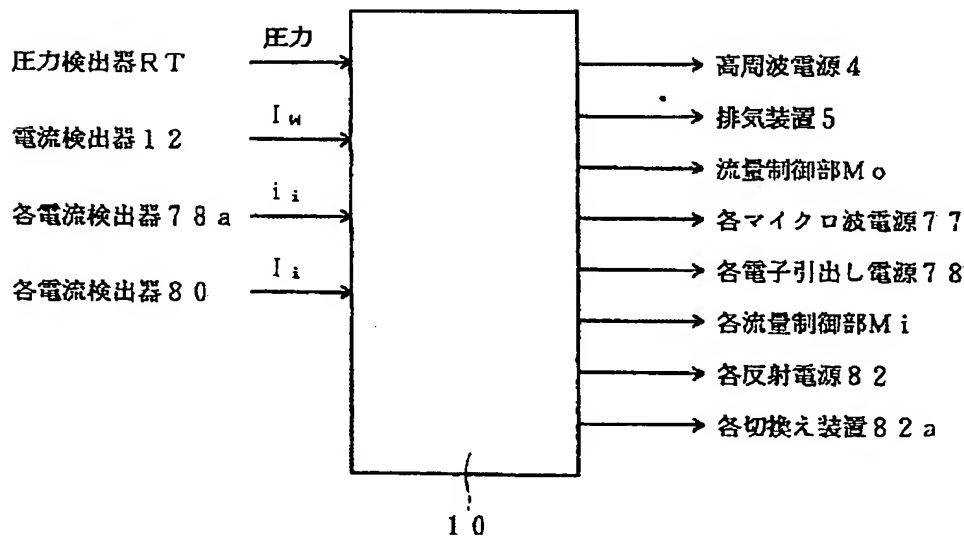
14

- 78a 電子引出し電流検出器
 8 反射電極
 80 電極8における電子電流の検出器
 81 電極8の凹面
 82 反射電源
 82a 切換え装置
 e 電子
 10 コントローラ

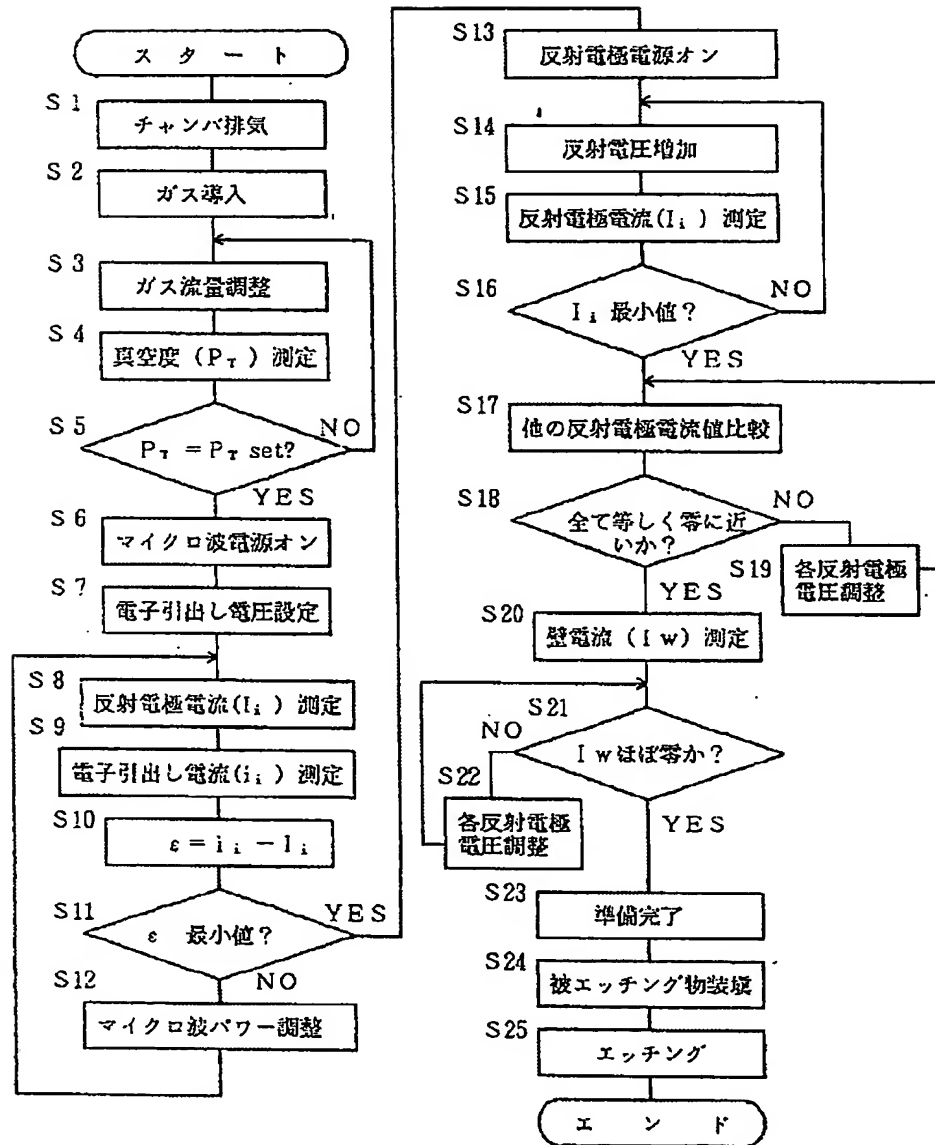
【図2】



【図3】



【図4】



(10)

特開平5-279877

【図5】

